

**УДК 631.31:64**

## **ВПЛИВ ТЕХНІКО - ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

**доктор технічних наук, Войтюк В.Д., кандидат технічних наук,  
Карабинеш С.С., інженер Демко О.А.**

Национальный университет биоресурсов и природопользования,  
Украина м. Київ

*Встановлено, що поза увагою науковців залишилися дослідження ефективності використання технічних характеристик закладених в конструкції комбайнів, зокрема: завантаження двигуна, пропускної здатності, енергетичних показників та їх вплив на величину механічних втрат зерна за комбайном. Встановлено, що показники фізичної, параметричної надійності, строкатості урожайності, агробіологічного стану хлібної маси впливають в значній мірі на пропускну здатність комбайна і, відповідно, на його продуктивність і на втрати зерна на молотильно-сепаруючим пристроєм.*

*Аналітично визначено залежність швидкості руху комбайна в загінці від завантаження і параметричної надійності двигуна, систем і механізмів машини. Розроблено інтегральний метод визначення пропускної здатності та досліджено вплив нерівномірності і флуктуації урожайності за площею поля на неї. Залежність продуктивності зернозбирального комбайна від відносних значень механічних втрат за молотильно-сепаруючим пристроєм. Визначена значимість механічних втрат зерна на ефективність використання.*

*Ключевые слова: зернозбиральний комбайн, молотильно-сепаруючий пристрій, втрати зерна, швидкість руху, ефективність, продуктивність.*

*PhD of Technical sciences, Voytuk V., PhD of Technical sciences, Karabinesh S.S., engineer Demko A.A. Influence technical and technological factors on efficiency combine harvesters/ National University of Life and Environmental Sciences , Kyiv, Ukraine*

*Found that scientists were ignored research efficiency technical features inherent in design combines, including: engine load, bandwidth, energy performance and their effect on the mechanical losses grain combine. Established that indicators of physical, parametric reliability, productivity medley, agrobiological condition affecting the grain weight heavily on the capacity of the combine and, accordingly, its performance and loss of grain on the threshing-separating device.*

*Analytical dependence speed of the combine in comfield of loading and parametric engine reliability, systems and mechanisms of the machine. Developed an integrated method for determining the capacity and the influence of non-uniformity and yield fluctuations in area fields on it. Dependence performance combine harvester on the relative values of mechanical losses in threshing-separating device. Determined significance mechanical losses of grain on efficiency.*

*Keywords: combine harvesters, threshing-separating device grain losses, speed, efficiency, productivity.*

**Вступ.** Україна щорічно, в час збирання, втрачає як мінімум 6,2 мільйонів тонн зернових, що становить приблизно десяту частину врожаю, через дефіцит зернозбиральної техніки, який не дозволяє провести збір врожаю в оптимальний агротехнічні терміни. Це, в основному, пов'язано з недостатньою кількістю необхідної техніки. В

середньому в світі фактично реалізується 10-40% теоретично можливої межі врожайності зернових культур. Всього ж в сільське господарство залучено 4,4 млрд. га землі, де трудяться 2 млрд. робітників [1, 6]. Резервних площ для екстенсивного розвитку галузі практично немає, весь необхідний приріст продукції можливий лише за рахунок інтенсифікації виробництва. Для того щоб задовольнити зростаючі потреби людства в продуктах харчування, необхідно не тільки збільшувати виробництво, а й зменшувати післяжнивні втрати врожаю.

Навантаження на фізичний комбайн складає 189 га [2,4], на технічно справний приблизно 218 га, або 770 т. Більше 70% комбайнів мають термін експлуатації до 30 років, із ймовірним значенням коефіцієнта готовності 0,4 -0,7 які намолочують 200 – 600 т, втрати від біологічного осипання досягають як мінімум 10% від валового збору [1, 5]. Причинами значних втрат вирощеного урожаю є високе фізичне навантаження на комбайн і низька ефективність використання наявного парку за: потужність двигуна, пропускна здатність молотарки, агробіологічний стан хлібної маси, втрати зерна за молотаркою та ін.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Проведено аналіз літературних джерел, присвячених дослідженню науково – виробничих проблем, задач підвищення ефективності використання зерно-збиральних комбайнів. Виявлено, що в більшості опублікованих робіт розглядається класичний набір організаційних, технічних, технологічних задач. Ефективне використання техніки сільгоспвиробниками було і залишається актуальними науково – виробничими проблемами, які потребують постійного уточнення і вдосконалення.

Науково – прикладним основам ефективного використання зернозбиральних комбайнів присвячені роботи: М.С. Рунчева, Е.И. Ліпковича, Е.Л. Жалніна, А.А. Пугачева, В.М. Жданова, В.В. Адамчука,

М.Д. Галенка, І.М. Капліна, С.М. Ковалю, В.І. Кравчука, О.В. Сидорчука, В.О. Дубровіна, П.М. Занька та ін.[1, 2, 4, 5, 6].

Підтриманню роботоздатності техніки присвячені роботи В.М. Кряжкова, В.М. Міхліна, М.С. Ждановського, Т.Е. Топініна, І.П. Терських; Дослідженню надійності технічних систем - Б.В. Гнеденка, А.С. Пронікова, Л.М. Грошева, В.Ю. Черкуна, А.І. Бойка, В.М. Павлівського, В.Д. Войтюка та інших.

Встановлено, що поза увагою і ретельним аналізом науковців залишається дослідження залежності ефективності використання ЗК від їх фізичної параметричної надійності, агробіологічного стану хлібної маси і числових значень механічних втрат за МСП. В результаті проведеного аналізу сформульована мета та задачі досліджень. Особливо важливим є визначення технічного стану зернозбиральних комбайнів сучасними технологіями [5, 6],

#### **Мета дослідження.**

Розробити заходи підвищення ефективності використання зернозбиральних комбайнів в межах трат зерна за молотильно-сепаруючим пристроєм.

#### **Результати.**

В умовах реальної експлуатації із збільшенням наробітку в мотогодинах потужність двигуна знижується через загальне зношування циліндро - поршневої групи, газорозподільного механізму, елементів паливної системи, а також загальної їх розрегульованості. За показанням спеціалістів, досвідчених механізаторів в умовах виробництва, це проявляється через зниження робочих швидкостей і переходу на нижчі передачі: із 3-ї на 2-ої, на 1-шу передачу, що прямо впливає на годинну, змінну продуктивність. [35-36]

Аналітично досліджено залежність показників ефективності використання ЗК від технічних показників: потужності двигуна,

пропускної здатності молотарки; технологічних показників – нерівномірності і флуктуації урожайності по площі на зміну пропускної здатності і вплив завантаження молотарки на зміну механічних втрат зерна із імовірним значенням коефіцієнта самоосипання.

Інтегральною характеристикою техніко – експлуатаційних показників і характеристик, закладених в конструкції сучасних зернозбиральних комбайнів, слугує технічна характеристика - пропускна здатність молотильно-сепаруючого пристрою. Для порівняльної оцінки продуктивності комбайнів реалізовано метод розрахунку пропускної здатності комбайнів при урожайності зерна 4 т/га і соломистості маси  $\delta_c = 1,5$ :

$$W_{\Gamma} = \frac{0,36 \cdot B_p (Ne_n \cdot \xi - 2 \cdot q_n)}{B_p \cdot U(1 + \delta_c)(N_{\text{ПМ}} + N_{\text{ПП}}) + \frac{g \cdot f \cdot G_T}{\eta_{\text{ТР}}}}, \quad (1)$$

$$W_{\Gamma} = \frac{3,6q_n}{U(1 + \delta_c)}, \quad (2)$$

де  $B_p$  - ширина захвату жатки, м;

$U$  - урожайність, т/га;

$\delta_c$  - соломистість, %;

$q_n$  - пропускна здатність, кг/с.

Згідно формули (1), максимальна продуктивність забезпечується потужністю двигуна, а формули (2) – пропускною здатністю молотарки.

Пропускную здатність визначено із спільного розв'язання двох рівнянь (1) і (2) із залежності:

$$q_n = \frac{0,1 \cdot Ne_n \cdot \xi}{0,1B_p \cdot U(1 + \delta_c)(N_{\text{ПМ}} + N_{\text{ПП}}) + \frac{g \cdot f \cdot G_T}{\eta_{\text{ТР}}}} \cdot \frac{B_p \cdot U(1 + \delta_c)}{\frac{g \cdot f \cdot G_T}{\eta_{\text{ТР}}} + 0,2}, \quad (3)$$

де  $\xi$  - коефіцієнт завантаження двигуна;

$N_{\text{ПМ}}$  - питома потужність на обмолот 1 кг хлібної маси за секунду (9,1 кВт.с/кг);

$N_{\text{ПІІ}}$  - питома потужність на подрібнення 1 кг соломистої маси за 1 с. (2,1 кВт.с/кг); для ДОН-1500Б  $\eta_{\text{ТР}}$  - к.к.д. трансмісії (0,88), (інших 8...10 кВт.с/кг, 2,0...2,2 кВт.с/кг).

У відповідності до формули (4) визначено пропускну здатність комбайнів з метою проведення порівняльної оцінки потенційної продуктивності комбайна.

Встановлено, що технологічна характеристика - нерівномірність урожайності за площею поля, суттєво впливає на ефективність використання ЗК Вона характеризується мірою завантаження МСП і величиною механічних втрат. Ця нерівномірність містить гармонічну і флуктуаційні складові. Флуктуаційна складова може накладатися на гармонічну ( $\pm$ ) тривалістю 1-5с.

Вперше встановлено, що гармонічна складова нерівномірності ( $\Delta u$ ) може досягти до 25% від середнього значення урожайності  $u_{\text{ср}}$ , а флуктуаційна складова ( $\Delta u$ )  $\pm 0,5$  від  $\Delta u$ . Для аналізу прийнято  $u_{\text{ср}} \approx 1,5 \text{ кг/м}^2$  хлібостою.

Із урахуванням вище наведених факторів урожайність по полю визначається залежністю із використанням випадкових функцій:

$$U_{\text{ХМ}} = U_{\text{СР}} \pm \Delta U_{\text{СР}}' \pm \Delta U_{\text{СР}}'', \quad (4)$$

де  $U_{\text{ср}}$  - середня урожайність, т/га;

$\Delta U_{\text{СР}}'$ ,  $\Delta U_{\text{СР}}''$  - гармонічна і флуктуаційна складові нерівномірності урожайності, т/га:

Гармонічні складові описуються залежністю:

$$\Delta U_{\text{СР}}' = G_{\text{ХМ1}} \sin\left(\frac{n_1 x_1}{\lambda_{\text{ХМ1}}}\right), \quad (5)$$

де  $n_1$  - число повних коливань;

$$x_1 = V(t) \cdot t;$$

$\lambda_{xm1}$  - період коливання урожайності, м(с);

$G_{xm1}$  - залежність амплітуди від середньої врожайності для конкретних господарств;

Флуктуаційну складову виражають функцією:

$$\Delta U_{cp}'' = \pm G_{xm2} \cdot \sin\left(\frac{n_2 \cdot x_2}{\lambda_{xm2}}\right), \quad (6)$$

де  $n_2 \ll n_1$ ;  $\lambda_{xm2} \ll \lambda_{xm1}$

Із урахуванням гармонічної і флуктуаційної складової рівняння для визначення фактичної пропускної здатності записують у вигляді:

$$q_{\phi} = \frac{0,1Ne\xi}{0,1 \cdot B \cdot Z_1 \cdot \sin\left(\frac{n_1 \cdot x_1}{\lambda_1}\right)(N_{nm} + N_{nn}) + Z_2 \cdot \sin\left(\frac{n_2 \cdot x_2}{\lambda_2}\right)(N_{nm} + N_{nn}) + \frac{g \cdot f \cdot G_{\kappa}}{\eta} + 0,2}, \quad (7)$$

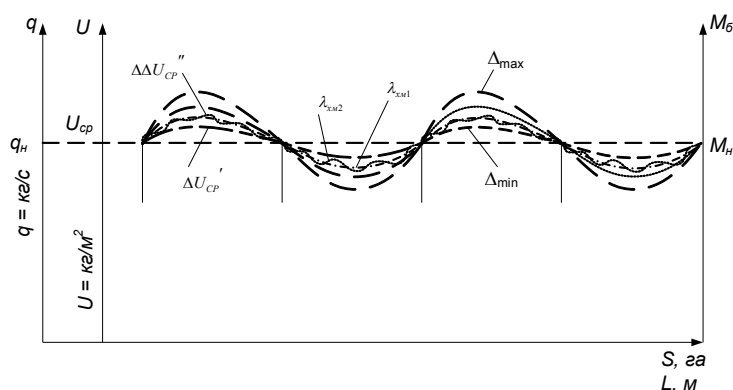
$$B \cdot \left( Z_1 \cdot \sin\left(\frac{n_1 \cdot x_1}{\lambda_1}\right) + Z_2 \cdot \sin\left(\frac{n_2 \cdot x_2}{\lambda_2}\right) \right)$$

де  $Z_1 = U_{cp} \pm (0,25U_{cp} \pm 0,025U_{cp}^{-2})$ ;

$Z_2 = U_{cp} \pm (0,125U_{cp} \pm 0,01U_{cp}^{-2})$ .

Гармонічна і флуктуаційна складові є причиною збільшення завантаження МСП, відповідно двигуна і крутного моменту до 20 % від номінального значення. Гармонічна складова нерівномірності урожайності пов'язана з висотою рослин, кількістю на  $1\text{м}^2$ , вологістю соломи і зерна, забур'яненістю, що суттєво впливає на пропускну здатність молотильно-сепаруючого пристрою.

Схематичний вираз зміни урожайності за площею поля в залежності від агротехнологічних факторів показано на рис. 1.



**Рис. 1. Схематичний вираз зміни урожайності, пропускної здатності і моменту опору барабана від середнього значення, залежно від впливу агротехнологічних факторів.  $\Delta_{\min}$  – (19%),  $\Delta_{\max}$  – (35%).**

Амплітуду коливань гармонійної складової зміни середньої урожайності з допустимою точністю виразимо такою залежністю:

$$C_{xm1} = \pm 0,25U_{cp} \pm 0,025U_{cp}^{-2} = \pm 0,25 \cdot 1,5 \pm 0,025 \frac{1}{1,5^2} = \pm 0,375 \pm 0,011 \quad (8)$$

Флуктуаційну (місцеву) складову нерівномірності врожайності і гармонічної зміни виразимо так

$$C_{xm2} = \pm 0,5(C_{xm1}) = \pm 0,1875 \pm 0,006$$

Для аналізу приймемо  $C_{xm} = 1,5 \text{ кг/м}^2$ .

Через вплив гармонічної і флуктуаційної складових амплітуда середньої врожайності по площі поля може змінюватися від  $C_{xm_{\min}} = 1,5$  до  $C_{xm_{\max}} = 1,89 \text{ кг/м}^2$ . З врахуванням виразу (2.36) можна зазначити, що флуктуаційна складова зміни врожайності описується подібною функцією з іншими параметрами:

$$\Delta U_{CP}'' = C_{xm2} \sin\left(\frac{n_2 x_2}{\lambda_{xm2}}\right) \quad (9)$$

де  $n_2$  – число коливань флуктуаційної складової зміни врожайності  $n_1 \gg n_2$ ;  $\lambda_{xm2}$  – амплітуда коливань флуктуаційної складової, м(с)  $\lambda_{xm1} \gg \lambda_{xm2}$ ;



Секундну подачу хлібної маси в молотарку комбайна в будь-який момент часу  $t$  визначається із залежності:

$$g^{k(t)} = U_{cp}(t) \cdot B(t) \cdot V(t) \quad (10)$$

За умов реального комбайнування оператор (комбайнер) здатен відреагувати на коливання середньої урожайності  $\Delta U_{cp}'$ , процес зміни якої випадковий і нестационарний, однак має низькочастотну випадковість. На коливання, які мають випадково-флуктуаційний характер в межах 1-5 с.  $\Delta U_{cp}''$ , комбайнер відреагувати фізіологічно не спроможний і ці коливання сприймаються двигуном.

### **Висновки.**

Проведені теоретичні дослідження дозволили розробити аналітичну залежність для визначення пропускної здатності молотильно-сепаруючого пристрою зернозбирального комбайну врахуванням конструктивних, технічних, технологічних факторів, характеристик. Визначено, що пропускна здатність ЗК змінюється із зниженням фізичних і параметричних показників надійності.

Аналітично досліджено вплив нерівномірності і флуктуації урожайності по площі поля за зміну пропускної здатності молотильно-сепаруючого пристрою комбайну, зміну крутного моменту на привід барабана МСП.

### **Література:**

1. Демко О.А. Визначення впливу агробіологічного стану хлібної маси на продуктивність зернозбиральних комбайнів /О.А. Демко.- Глеваха, Науковий Вісник ННЦ 2006, №95. –С. 78-86.
2. Демко О.А. Вплив нерівномірності урожайності по полю на продуктивність зернозбиральних комбайнів / А.А.Демко., Надточій О.В. - Глеваха, Механізація та електрифікація сільського господарства. Вісник 97 т2.– 2013. С. 450...456.

3. Новицкий А.В. Исследование надёжности системы «человек-машина» при условии развития составляющей «человек-оператор»/ А.В. Новицкий, К.Н. Думенко // Motrol,. – Lublin, 2014. – Vol. 16, № 2. – P. 117 - 1214.
4. Михлин В.М. Управление надёжностью сельскохозяйственной техники /В.М. Михлин/. - М.: Колос, 1984. - 335 с.5.
5. Войтюк В.Д. Визначення впливу використання зернозбиральних комбайнів на їх експлуатаційні показники /В.Д.Войтюк, А.А.Демко, О.А.Демко - К.: Науковий вісник НУБіПУ, 2009. №134, ч.2.- С.198 -206.
6. Карабиньош С.С. Особливості дефектування деталей машин голографічними методами / С.С.Карабиньош. - К.: Науковий огляд, Між. наук. конф. груд., Ч.1, 2014.- 82-87с.

#### **References:**

1. Demko O.A. Vyznachennya vplivu agrobiologichnogo will hlibnoi masi on produktivnist zernozbiralnih kombayniv / O.A. Demko.- Naukova News NSC №95 2006. –P. 78-86.
2. Demko O.A. Vpliv nerivnomirnosti urozhaynosti on the field on produktivnist zernozbiralnih kombayniv. // O.A. Demko, O.V. Nadtochiy.// Mehanizatsiya that elektrifikatsiya silskogo Gospodarstwa. News 97 TO2. Glevaha – 2013.-P. 450 ... 456.
3. Novitsky AV Reliability Study of the system "man-machine", provided the development component of the "human operator" /A.V. Novitsky, K.N. Dumenko // Motrol, motory zaciaienerget karolnict w amotorization and power industry in agriculture. - Lublin, 2014. - Vol. 16, number 2. - P. 117 - 1214.
4. Mikhlin V.M. Dependability management agricultural machinery. /V.M Mikhlin. - M.: Kolos, 1984. - 335 p.

5. *Karabinosh S.S. Osoblivosti defektuvannya machine parts golografichnimi methods / S.S. Karabinosh. - K.: Naukovy oglyad, Mizh. Sciences. Conf. heaps., Part 1, 2014.- 82-87 p.*
6. *Voytyuk VD Determining the impact of the use of combine harvesters on their operational performance /V.D.Voytyuk, A.A.Demko, O.A.Demko .- K.: Scientific Bulletin NUBiP, 2009. №134, ch.2.- P.198 - 206.*